فصل‌نامه‌ی مطالعات اقتصاد انرژی/ سال دوازدهم / شماره‌ی ۵۰/ پاییز ۱۳۹۵/ صفحات ۱۲۸-۱۰۱

برآورد کارایی انرژی در استان‌های ایران به روش تابع مرزی تصادفی

محمدعلی کفائی[۱]
استادیار اقتصاد، دانشگاه شهید بهشتی، m-kafaie@sbu.ac.ir

عاطفه خسروی
atefehkhosravi90@yahoo.com
تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۰۵

چکیده

انرژی یکی از اصلی ترین نهاده‌های کمیاب تولید است، از این رو توجه به کارایی انرژی برای دستیابی به سطح بالاتر رشد ضروری است. این پژوهش با هدف بررسی کارایی انرژی مصرفی استان‌ها با توجه به تفاوت‌های اقلیمی آن‌ها انجام می‌شود. در این مقاله پس از مرور مبانی نظری و شواهد تجربی، تابع کاب داگلاس انتخاب و با استفاده از روش تابع مرزی تصادفی و داده‌های استانی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵، کارایی انرژی استان‌های واقع در مناطق همگن جغرافیایی برآورد و مقایسه می‌شود همچنین تأثیر عدم کارایی بر تولید و اثر روند بر جزء عدم کارایی مورد آزمون قرارگرفته و نشان می‌دهد که عدم کارایی در تولید سهم ناچیزی دارد و روند آن در طول زمان افزایشی است. مقایسه کارایی انرژی در بین استان‌هایی با اقلیم همگن، مبین آن است که بیش‌ترین کارایی انرژی را نواحی سردسیر، استان خراسان شمالی، در نواحی کوهستانی استان چهارمحال بختیاری، در نواحی نیمه خشک استان هرمزگان، در نواحی خشک استان خراسان جنوبی و در نواحی مرطوب استان گیلان دارا می‌باشند. متوسط کارایی فنی و کارایی انرژی در ۳۰ استان به ترتیب ۹۰ درصد و ۲ درصد برآورد می‌گردد. این ارقام نشان می‌دهد که اگر چه متوسط کارایی کل در کشور بالا است اما کارایی انرژی در کل کشور بسیار پایین می‌باشد.

طبقه‌بندی JEL: Q43, Q41, R15, C23

کلید واژه‌ها: کارایی انرژی، کارایی فنی، تابع مرزی تصادفی، تحلیل استانی

۱- نویسنده مسئول

۱- مقدمه

یکی از مهم ترین نیازهای هر کشور برای توسعه و پیشرفت اقتصادی، دسترسی به منابع انرژی است. در بین انرژی‌های موجود در طبیعت، سوخت‌های فسیلی در دسترس‌ترین نوع می‌باشد. افزایش مداوم جمعیت، تلاش کشورها در دستیابی به تولید ناخالص داخلی بالاتر و گسترش صنایع انرژی‌بر، کشورهای جهان را با مشکل کمبود انرژی مواجه ساخته است. از سوی دیگر افزایش مصرف انرژی به افزایش آلاینده‌های محیطی انجامیده که حیات بشر را تهدید می‌نماید. مسأله اصلی این است که چگونه می‌توان ملاحظات اقتصادی و محیطی را به‌طور همزمان در سیستم حسابداری اقتصادی وارد کرد، برای این منظور به چه شاخص‌هایی برای لحاظ کردن این موضوع در عملکرد اقتصادی بنگاه‌ها و اقتصاد ملی نیاز است.

در جهان امروز کمبود منابع و محدودیت امکانات، توجه اقتصاددانان را به اندازه‌گیری کارایی اقتصادی بنگاه جلب کرده و مسئله صرفه‌جویی در استفاده از منابع اهمیت ویژه‌ای یافته است بنگاه‌ها باید از این منابع به‌گونه‌ای بهره‌برداری نمایند که حداکثر تولید یا خدمت به‌دست آید. دولت‌ها نیز با توجه به نقش مهم انرژی، برای اطمینان از بهبود شرایط اقتصادی و تداوم رشد آن؛ بر استفاده مناسب و کارآیی انرژی تأکید می‌نمایند.

مقایسه وضعیت انرژی ایران در سال ۱۳۹۰ (سال اول برنامه پنجم توسعه اقتصادی- اجتماعی) با ارقام مشابه سال ۱۳۸۴ (سال اول برنامه چهارم توسعه) نشان می‌دهد که در مجموع عرضه انرژی اولیه با رشد ۴/۴ در صد از ۱۲۳۸/۵ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۸۴ به ۱۶۰ میلیون بشکه معادل نفت‌خام در سال ۱۳۹۰ افزایش یافته است. از سوی دیگر از سال ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۰ صادرات انرژی کشور سالانه تنها ۰/۳ درصد افزایش داشته درحالی‌که واردات، سالانه ۲/۶ درصد افزایش یافته است. ادامه این روند سبب وابستگی بیش‌تر کشور به واردات انرژی می‌گردد[۱]. از این‌رو فراهم نمودن تمهیدات لازم برای افزایش کارایی انرژی در کشور امری ضروری به نظر می‌رسد. اندازه‌گیری کارایی انرژی در کل کشور، گرچه مهم به نظر می‌رسد اما توجه به آن بدون

۱- ترازنامه انرژی

در نظر گرفتن تفاوت‌های بسیار میان استان‌های کشور (از نظر نوع فعالیت، شرایط آب و هوایی، رفتارهای مصرفی و مانند آن‌ها) مناسب نیست. بنابراین بهتر است ابتدا کشور را به چند منطقهٔ همگن تقسیم و سپس کارایی انرژی را در هر یک از مناطق اندازه‌گیری نمود (به ویژه این‌که تصمیم‌های استانی نیز می‌تواند بر کارایی انرژی تأثیرگذار باشد). از این طریق دولت می‌تواند با مدیریت مناسب‌تر و سیاست‌های بهتری، ضمن افزایش کارایی انرژی در راستای کمک به تقویت فعالیت‌های اقتصادی، توسعه و پیشرفت کشور گام بردارد. مقاله حاضر به‌دنبال اندازه‌گیری کارایی انرژی استان‌های کشور به تفکیک است. به این منظور در بخش دوم به مفاهیم اصلی و مورد نیاز، مانند کارایی و تبیین تابع مرزی و در بخش سوم به چگونگی تقسیم کشور (دسته‌بندی استان‌های کشور) به چند منطقه همگن با توجه به تأثیر شرایط اقلیمی بر فعالیت‌های اقتصادی پرداخته می‌شود. بخش چهارم به مرور مطالعات نظری و شواهد تجربی مربوط اختصاص دارد، در بخش پنجم، الگوی مطالعه تدوین و برآورد و نتایج حاصل ارائه و تفسیر می‌شوند. بخش پایانی به نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادهای تحقیق می‌پردازد.

۲- مفاهیم اصلی

مفهوم کارایی

در نظریه اقتصاد خرد تابع تولید بر اساس حداکثر میزان محصول، به ازاء مقادیر معینی از نهاده‌ها و سطح خاص فناوری، تعریف می‌شود. اما ناکارایی بنگاه به ناتوانی عوامل تولید (به ویژه کار)، مدیریت و یا فناوری مورد استفاده اشاره دارد. هرچه ناکارایی بیش‌تر باشد، عملکرد بنگاه در تولید کالاها نسبت به حداکثر مقدار تولید تعریف شده (طبق تابع تولید) کم‌تر است. تولیدکنندگانی که با استفاده از مقدار مشخص نهاده قادر به تولید حداکثر محصول با به‌کارگیری فن‌آوری موجود تولید نباشند، تولید کنندگان ناکارا نامیده می‌شوند. برای اندازه‌گیری شدت ناکارایی، روش‌های مختلفی وجود دارد و سابقه آن به گذشته دور برمی‌گردد. فارل[1] (۱۹۵۷) به‌طور کلی سه نوع کارایی را برای بنگاه تعریف نموده است که عبارتند از : کارایی فنی

1- Farrell

(تکنیکی)، کارایی تخصیصی (قیمتی) و کارایی اقتصادی (کل). کارایی فنی میزان توانایی یک بنگاه برای حداکثرسازی تولید با توجه به عوامل تولید مشخص را نشان می‌دهد، کارایی تخصصی به ترکیب بهینه عوامل تولید با توجه به قیمت آنها اشاره می‌کند و کارایی اقتصادی مبین ترکیب بهینه نهاده‌ها با توجه به فناوری و قیمت نهاده‌ها می‌باشد. مزیت نسبی شاخص‌های کارایی بر اساس تعریف فارل این است که همگی قابل محاسبه می‌باشند. به‌منظور محاسبه کارایی، رهیافت‌ها و روش‌های متعددی ارائه شده که در یک تقسیم‌بندی کلی می‌توان همه آن‌ها را در دو دسته پارامتریک و ناپارامتریک جای داد. تا اواخر دهه ۱۹۶۰ در بیش‌تر مطالعات تجربی اندازه‌گیری کارایی، ابتدا یک تابع تولید تعریف و سپس با استفاده از داده‌های یک بنگاه، آن را به روش حداقل مربعات برآورد می‌کردند. اشکال اصلی این روش، با توجه به رابطه بین مقدار نهاده‌ها با مقدار محصول، مشخص نمودن میزان تأثیرگذاری متوسط هر عامل بر تولید است. سرانجام، فارل (۱۹۵۷) تابع مرزی تصادفی را معرفی کرد. او روش اندازه‌گیری کارایی را بر اساس نظریه‌های اقتصادی بیان و کارایی بخش کشاورزی آمریکا را به‌طور عملی محاسبه نمود. اما این روش، به دلیل مشکلات و محدودیت‌های عملی در اندازه‌گیری کارایی، مانند بازده نسبت به مقیاس، کاربرد چندانی نیافت. اشمیت و همکاران[1] (۱۹۷۷)، با ارائه روش اقتصاد سنجی، محاسبه کارایی مبتنی بر تعریف فارل را میسر ساختند در این روش ابتدا باید تابع تولید را مشخص نمود و سپس به برآورد آن با استفاده از داده‌های موجود پرداخت. تابع تولید مرزی با استفاده از حداکثر مقدار تولید بنگاه‌های فعال یک صنعت خاص برآورد می‌شود. هدف اصلی در تمامی روش‌های برآورد کارایی آن است که ابتدا تابع مرزی تخمین زده شود و سپس مقدار این تابع به ازاء نهاده‌های هر بنگاه محاسبه شده و بدین ترتیب، میزان تولید مرزی برای هر بنگاه به‌دست می‌آید. تفاوت تولید واقعی و تولید مرزی برای هر بنگاه میزان ناکارایی را مشخص می‌کند. در حالت خاص ممکن است مقدار تولید واقعی یک بنگاه خاص با مقدار تولید مرزی آن برابر باشد که به چنین بنگاهی بنگاه کارا گفته می‌شود. در روش تابع مرزی تصادفی، ناکارایی نسبت به تابع مرزی، با استفاده از

1- Aigner and Lovell and schmit

داده‌های آماری برآورد می‌شود که مستلزم مشخص کردن شکل تابع تولید است. مزیت این روش در این است که تمامی انحرافات از مرز کارا را به عنوان ناکارایی در نظر می‌گیرد. این روش بدان سبب مطلوب است که تعریف آن از ناکارایی با مباحث نظری تولید و محصولات، سازگارتر است. هدف این مقاله برآورد کارایی کل و کارایی انرژی استان‌های ایران به روش تابع مرزی تصادفی است که از روش‌های پارامتریک محاسبه کارایی می‌باشد.

تابع تولید مرزی تصادفی[1]

در روش مرزی تصادفی بالاترین سطح ستانده به‌دست آمده با استفاده از سطح معینی از نهاده‌ها، تابع تولید مرزی نامیده می‌شود. بنگاه‌هایی که به دنبال حداکثرکردن تولید خود هستند، سعی می‌کنند ترکیب داده‌ها و ستانده‌ها را در روند تولیدی خود به مرز مجموعه قابل استحصال نزدیک نمایند. پس اگر بر یک سری نقاط مفروض در یک صفحه منحنی برازش شود و بزرگ‌ترین پسماند مثبت این مجموعه به مقدار عرض از مبدا منحنی برازش شده اضافه شود، منحنی مرزی به‌دست می‌آید که تمام نقاط مفروض زیر آن قرار گرفته‌اند.

در الگوهای مرزی تصادفی علت تفاوت بین تولید واقعی و تولید مرزی، ناکارایی فنی و عامل تصادفی بیان می‌شود. یعنی اگر بنگاهی کم‌تر از مقدار مرزی تولید کند، بخشی از آن به دلیل ناکارایی فنی و بخش دیگری به دلیل عامل تصادفی خواهد بود و اگر بنگاهی بالاتر از تابع تولید مرزی عمل کند، دلیلی جز وجود عامل تصادفی نخواهد داشت. برتری الگوهای مرزی تصادفی نسبت به الگوهای معمول اقتصاد سنجی در این است که در برازش تابع، نقاط متوسط را در نظر نمی‌گیرد، بلکه نقاط سرحدی را لحاظ می‌کند.

ساختار اساسی تابع تولید مرزی به صورت زیر است:

$$Y=\beta x+V-U \qquad (۱)$$

$$v\sim N(0,\sigma^2)$$

$$= |U, |U\sim N(0,\sigma_U^2)$$

1- Stocastic Frontier Analysis(SFA)

که در آن Y محصول بنگاه، X بردار نهاده‌ها، β بردار پارامترها، U اثـر ناکـارایی وV جزء اخلال تصادفی خارج از کنترل است. اثر ناکارایی منفی همواره غیر منفی است، زیرا بنگاهی که بر روی مرز تولید قرار می‌گیرد ناکارایی ندارد و مقـدار U برابـر صـفر اسـت. بنگاهی که در درون مرز تولید قرار دارد ناکاراست و U مقادیر بـزرگ‌تـر از صـفر خواهـد داشت. لذا انحراف نقاط مشاهده شده از تابع تولید مرزی به دو بخش V جزء اخلال و U جزء ناکارایی بستگی دارد که از نظر ماهیت متفـاوت هسـتند. از ایـن رو بـه ایـن الگـو، الگوی خطای ترکیبی[1] گفته می‌شود. مدل‌های مرزی تصـادفی، در شـکل و نـوع توزیـع متغیر u_i با یکدیگر تفاوت دارند این امر موجب تفاوت نوع توزیـع U_i در اشـکال مختلـف می‌شود.

۳- دسته‌بندی استان‌های کشور بر اساس شرایط آب و هوایی

یک تعریف ساده ازکارایی، انجام درست کار است. برای انجام کـار بـه نحـو صـحیح، اطلاعات هواشناسی یکی از اطلاعات اولیه و ضروری به حساب می‌آیـد و نادیـده گـرفتن شرایط آب و هوایی در هنگام اجرای هر پروژه، می‌توانـد بـه کـاهش کـارایی نهـاده‌هـای تولید به ویژه نیروی کار و در نتیجه افزایش هزینه‌های تولید منجـر شـود، زیـرا شـرایط اقلیمی برخی از مناطق، فعالیـت خاصـی را مناسـب‌تـر و برخـی فعالیـت‌هـا را دشـوارتر می‌نماید. برای مثال تولید محصولات کشاورزی و یا تأسیس صنایع نیازمند آب زیـاد در مناطق خشک، هزینه تهیه آب را به شدت افزایش داده و هر چه به آب بـیش‌تـری نیـاز باشد، هزینه‌های تولید افزایش یافته و سودآوری محصول کم‌تر خواهد شـد. ایـن مسـأله درباره درجه حرارت، ارتفاع، نوع خاک و مانند آنها هم می‌تواند صادق باشد. بنـابراین در هنگـام طراحـی و اجـرای پـروژه‌هـای گونـاگون و تأسـیس مراکـز تولیـد و نیـز در برنامه‌ریزی‌های صنعتی جامعـه، بایـد شـرایط آب و هـوایی و بـه نـوعی تخصـص‌گرایـی منطقه‌ای برحسب آب و هوا تعریف و اعمال گردد و بی‌توجهی بـه شـرایط آب و هـوایی، محدودیت‌هایی را بر اجرای برخی پروژه‌ها تحمیل و فعالیـت‌هـای اقتصـادی بسـیاری را دچار وقفه خواهد نمود. این وقفه زیان‌هایی را به دنبال دارد که در نتیجه، کـارایی کلـی

1- Composed Error Model

را کاهش می‌دهد. علاوه بر این انرژی یکی از عوامل اصلی در فرآیند تولید یا اجرای یک پروژه است و افزایش کارایی آن سبب کاهش آلودگی زیست محیطی و افزایش کارایی کل نیز می‌شود، بنابراین اگر هر استان با توجه به شرایط آب و هوایی خود به برنامه‌ریزی فعالیت‌های مناسب بپردازد، کارایی کل و کارایی انرژی آن استان افزایش می‌یابد. این مقاله کارایی انرژی بین استان‌ها را با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی آن‌ها مقایسه می‌کند. شرایط جغرافیایی در پهنه کشور متفاوت است که سبب تفاوت موقعیت اقلیمی استان‌ها با یکدیگر شده است، لذا استان‌هایی که شرایط اقلیمی یکسانی دارند به عنوان یک منطقهٔ آب و هوایی در نظر گرفته شده و در نتیجه کل کشور از نظر شرایط جغرافیایی به چند منطقهٔ آب و هوایی تقسیم شده است. برای دستیابی به تصویر دقیق‌تر از انواع اقلیم‌های کشور به طبقه‌بندی اقلیمی بر اساس بارش، رطوبت‌های جوی و دما، متخصصان، ایران را به هشت ناحیه اقلیمی کلان تقسیم می‌کنند این نواحی بر حسب موقعیت جغرافیایی عبارتند از:

۱- اقلیم بلندی‌ها
۲- اقلیم کوهپایه‌های غربی
۳- اقلیم کرانه‌های خلیج فارس
۴- اقلیم دامنه‌های شمالی
۵- اقلیم کرانه‌های خزر
۶- اقلیم کوهپایه‌های شرقی
۷- اقلیم فلات شرقی
۸- اقلیم کرانه‌های عمان

که بر حسب ویژگی‌های اقلیمی چنین نام‌گذاری می‌شوند[۱]:

۱- سرد، مرطوب[۲]، خشک
۲- معتدل، بارشمند، خشک
۳- بسیارگرم، بارشمند، خشک
۴- معتدل، بارشمند، خشک
۵- معتدل، پربارش، مرطوب
۶- معتدل، کم بارش، خشک
۷- گرم، بسیار کم بارش، خشک
۸- بسیار گرم،کم بارش، بسیار مرطوب

۱- مأخذ: مسعودیان، ۱۳۹۰

2- wet

میانگین دما، بارش و رطوبت جوی بر روی این نواحی در جدول ۱ بیان شده است:

جدول ۱- میانگین دما،بارش و رطوبت جوی در نواحی اقلیمی ایران

	بارش (میلیمتر)	دما (درجه سلسیوس)	رطوبت (هکتوپاسگان)		بارش (میلیمتر)	دما (درجه سلسیوس)	رطوبت (هکتوپاسگان)
۱	۳۷۶	۱۲	۷	۵	۱۰۳۶	۱۵	۱۴
۲	۵۴۴	۱۶	۷	۶	۲۰۵	۱۵	۷
۳	۳۴۳	۲۴	۱۲	۷	۱۳۳	۲۰	۸
۴	۴۸۲	۱۴	۱۲	۸	۱۵۸	۲۶	۲۰

مأخذ: مسعودیان،۱۳۹۰

با نگاه به نقشه زیر می‌توان نوع آب و هوای هر منطقه را مشخص نمود.

نقشه۱) نواحی اقلیمی ایران

مأخذ: مسعودیان،۱۳۹۰

براساس تقسیم‌بندی بالا، استان‌های ایران دارای آب و هوای متفاوت و متنوعی هستند. با توجه به نقشه تقسیمات اقلیمی بالا، اقلیم هر استان با توجه به نوع اقلیم غالب (بیش‌ترین مساحتی از هر استان که در هر یک از اقلیم‌ها قرار دارد) تعیین می‌گردد. این مسأله باعث می‌شود تا در مجموع استان‌های ایران به ۵ ناحیه آب و هوایی تقسیم و با توجه به دو نقشه قبل به شکل زیر گروه‌بندی شوند:

الف) استان‌های آذربایجان شرقی، آذربایجان غربی، اردبیل، زنجان، قزوین، خراسان شمالی در یک گروه قرار می‌گیرند و استان‌هایی با آب و هوای سرد سیری نامیده می‌شوند.

ب) استان‌های ایلام، لرستان، کهگیلویه و بویراحمد، فارس، مرکزی، همدان، تهران،کرمانشاه، چهارمحال و بختیاری، کردستان و خراسان رضوی، استان‌هایی با آب و هوای کوهستانی نامیده می‌شوند.

ج) استان‌های گلستان، مازندران،گیلان استان‌هایی با آب و هوای معتدل نامیده می‌شوند.

د) استان‌های اصفهان، بوشهر، هرمزگان و خوزستان استان‌هایی با آب و هوای نیمه خشک نامیده می‌شوند.

ه) استان‌های سمنان، قم، یزد، کرمان، خراسان جنوبی و سیستان و بلوچستان استان‌هایی با آب و هوای خشک در نظر گرفته می‌شوند.

۴- مطالعات انجام شده

پیش از انجام محاسبه کارایی و مدل‌سازی آن، ضروری است تا به پیشینهٔ تحقیقات در این زمینه هم در داخل و هم در خارج کشور پرداخته شود.

یکی از اولین مطالعات تجربی در زمینه شناسایی عوامل موثر بر میزان ناکارایی فنی، مقاله پیت و لی[1] (۱۹۸۱) با عنوان "بررسی منابع ایجاد ناکارایی در صنایع بافندگی اندونزی" است. در این مطالعه با استفاده از روش حداکثر درست نمایی، تابع مرزی تصادفی برآورد و میزان ناکارایی هر بنگاه مشخص شد، سپس تأثیر اندازه، قدمت و

1- Pitt & Lee

ساختار مالکیت بنگاه بر کارایی فنی بنگاه مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها تأثیر معنی‌دار متغیرها بر میزان کارایی فنی بنگاه را نشان داد.

جیوفینگ، چم، لیو، هانگ، زانگ، زیزی زانگ[1] (۲۰۱۳) کارایی انرژی را به روش تابع مرزی تصادفی بین استان‌های چین برای دورهٔ ۲۰۰۹-۱۹۹۸ بررسی نموده و از شکل تبعی ترنسلوگ و اطلاعات مربوط به نیروی کار، سرمایه، ارزش افزوده و انرژی مصرفی هر استان استفاده کردند و پس از مقایسه کارایی انرژی، استان‌ها از نظر کارایی انرژی رتبه‌بندی شدند.

زو و چن[2] (۲۰۱۳) در مقاله خود با استفاده از دو روش تحلیل پوششی داده‌ها و تابع مرزی تصادفی به بررسی کارایی انرژی در ۳۰ منطقهٔ اداری سرزمین اصلی چین طی دوره ۲۰۰۹-۱۹۹۸ پرداختند. مقایسه‌ها نشان داد که با وجود تفاوت‌های موجود در دو روش، نتایج به دست آمده بسیار شبیه هم هستند. آن‌ها همچنین نشان دادند که کارایی انرژی در منطقهٔ شرق چین بیش‌تر از مناطق غربی است.

فیلیپینی و اورآ[3] (۲۰۱۴) در مقاله خود از تحلیل‌های مرزی تصادفی در دو بخش: ۱) برآورد کارایی برق و شبکه‌های توزیع گاز و ۲) برآورد مدل مرزی تقاضای انرژی استفاده کردند. همچنین اثرات مرتبط با بهبود در کارایی انرژی را بررسی کردند.

مو و جین (۲۰۱۴)[4] به برآورد کارایی انرژی منطقه‌ای در چین بر اساس چارچوب کلی تجزیه و تحلیل تابع مرزی تصادفی پرداختند. آنها ابتدا به ترکیب عوامل موثر کارایی انرژی منطقه‌ای بر اساس تابع تولید کاب داگلاس توجه کردند و بر اساس آن، یک تابع تولید مرزی تصادفی با داده‌های تابلویی از ۲۹ استان طی دوره ۲۰۰۹-۲۰۰۰ ساختند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل تابع مرزی تصادفی نشان داد که وضعیت رشد اقتصادی هر یک از مناطق چین رو به افزایش است اما قیمت بالای انرژی مانعی برای رشد اقتصادی محسوب می‌شود. سرعت بالای رشد اقتصادی ناشی از افزایش نهاده‌های سرمایه و نیروی کار است و آینده کارایی انرژی به بهبود کارایی عواملی غیر از انرژی

1 -Gao fengzo, longmei chem,wei Liu, Xiaoxin hong ,Guijun Zhang,Ziyi zhang
2- Zou and Chen
3- Filippini and Orea
4- Miao and Jin

منطقه‌ای بستگی دارد. کارایی انرژی در استان‌های چین طی دوره ۲۰۰۸-۲۰۰۰ افزایش یافته اما در سال ۲۰۰۹ تحت تأثیر بحران مالی جهان کاهش یافته است.

لین و همکاران (۲۰۱۵)[1] با استفاده از تجزیه و تحلیل مرزی تصادفی، کارایی انرژی و صرفه‌جویی انرژی را در صنایع شیمیایی چین طی دورهٔ ۲۰۱۱-۲۰۰۵ بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که قیمت انرژی در مقیاس سازمانی برای بهبود کارایی انرژی مناسب است در حالیکه ساختار مالکیت تأثیر معکوس بر کارایی انرژی دارد. متوسط کارایی انرژی طی این دوره ۰/۶۸۹۷۵ بوده است.

قوش و همکاران[2] (۲۰۱۶) با استفاده از شکل ترنسلوگ تابع مرزی تصادفی، کارایی ۷۷ نیروگاه حرارتی را در هند مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که متوسط کارایی فنی نیروگاه‌ها ۷۶/۷ درصد است. علاوه بر این، آنها دریافتند نظارت‌های نهادی نتوانسته تأثیر زیادی بر افزایش کارایی نیروگاه‌ها داشته باشد.

حیدری و صادقی (۱۳۸۲) به تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در ایران طی دورهٔ ۱۳۷۸-۱۳۵۸ به روش دیویژیا پرداختند. یافته‌های این تحقیق نشان داد که ناکارایی انرژی در ایران ناشی از بالا بودن اثر شدت خالص انرژی است و (اثر) ساختار تولید، پایین‌ترین سهم را در توضیح رشد مصرف کل و شدت انرژی داشته است.

ابریشمی و نیاکان (۱۳۸۹) کارایی فنی ۴۰ نیروگاه حرارتی کشور را به روش تحلیل مرزی تصادفی طی سال‌های ۱۳۸۵-۱۳۸۲ بررسی نمودند. نتایج حاکی از آن است که میانگین کارایی فنی نیروگاه‌های کشور حدود ۹۳ درصد می‌باشد و افزایش ظرفیت نصب شده و تغییر سوخت مصرفی از گازوئیل به نفت کوره، کارایی را افزایش خواهد داد.

شریف‌زاده و بصیرت (۱۳۹۲) کارایی لوله‌های نفت و گاز ایران را به روش تابع مرزی تصادفی طی دورهٔ ۱۳۸۹-۱۳۷۵ محاسبه کردند. نتایج حاکی از ناکارایی فنی در این صنعت است اما کارایی رو به افزایش بوده و دلیل این افزایش سرمایه‌گذاری در صنعت نفت و گاز می‌باشد.

1- Boqiang Lin , Houyin Long
2- Ranjan Ghosh, Vinish Kathuria

رضایی و همکاران (۱۳۹۳) کارایی فنی ۱۲۳ صنعت ایران، از جمله ۱۰ صنعت با فناوری بالا را برای دورهٔ ۸۹-۱۳۸۷ با استفاده از تابع تولید مرزی محاسبه کردند. نتایج نشان داد که متوسط کارایی فنی صنایع کشور طی دورهٔ مورد بررسی، مقدار ۰/۴ است که از بین صنایع مورد بررسی، ۴۹ صنعت، شامل ۶ صنعت از ۱۰ صنعت با فناوری بالا، دارای کارائی فنی بالاتر از متوسط می‌باشند. صنایع "تولید ابزارهای اپتیکی و تجهیزات عکاسی" و "تولید وسایل نقلیه هوایی و فضایی" نسبت به سایر صنایع منتخب دارای بالاترین کارایی می‌باشند.

شهیکی‌تاش و همکاران (۱۳۹۳) ضریب ناکارایی فنی در ۲۳ صنعت فعال در کد دو رقمی ISIC طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۸ را با استفاده از تابع مرزی تصادفی مورد بررسی قرار دادند. براساس یافته‌های این تحقیق، کارایی در صنایع کارخانه‌ای ایران روند رو به رشدی داشته و در تمام صنایع کارخانه‌ای طی سال‌های مورد مطالعه، ضریب کارایی فنی افزایش یافته است. صنایعی که میزان انحصار مؤثر در آنها بالاتر بوده، میزان ناکارایی بالاتری داشته‌اند. براساس مدل تحقیق، در صنایعی که ضریب نیروی کار متخصص بالاتر بوده و بنگاه‌ها از صرفه‌های مقیاس بهره‌مند بوده‌اند، میزان ناکارایی کاهش یافته است.

۵- تدوین الگو و برآورد آن

تدوین الگو

برای نیل به هدف این مطالعه لازم است تا به برآورد کارایی کل عوامل تولید و کارایی انرژی با استفاده از روش تابع مرزی تصادفی در بین استان‌های ایران (که دارای شرایط جغرافیایی مختلف هستند) پرداخته شود. در تابع مرزی تصادفی جزء اخلال شامل (U) جزء ناکارایی و (V) جزء اخلال تصادفی می‌باشد. توزیع V نرمال با میانگین صفر و واریانس σ_V^2 در نظر گرفته شده اما نوع توزیع U با توجه هدف مورد بررسی تعیین می‌شود. اولین سوال به تأثیر روند بر جز ناکارایی اختصاص دارد به همین منظور از مدل ارائه شده توسط باتسه و کوئلی (۱۹۹۲)[1] استفاده می‌شود:

1- Battese and Coeli

$$X_{it}\beta + (V_{it} - U_{it}), i = 1, \dots N, t = 1, \dots, Y \quad (۲)$$

که در آن Y_{it} بردار متغیرهای وابسته، X_{it} بردار متغیرهای مستقل و β بردار پارامترهایی هستند که باید برآورد شود، V_{it} نیز متغیر تصادفی است که به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

$$V_{it} \sim N(0, \sigma_V^2) \quad (۳)$$

و U_i نشان دهنده ناکارایی فنی بنگاه و یک متغیر نامنفی است که به‌منظور بررسی اثر روند بر جز ناکارایی به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$U_{it} = U_i EXP[-\eta(t - T)], t = 1,2, \dots T \quad (۴)$$

به‌طور متداول توزیع U به صورت نیمه نرمال یک دامنه تعمیم یافته $N(0, \sigma_U^2)$ در نظر گرفته می‌شود. η برداری از (t-1) پارامترهای مجهول است که باید برآورد گردد و t نشان دهنده سال می‌باشد. واریانس کل یعنی واریانس عبارت $(v_t\text{-}u_t)$ را می‌توان به دو جزء تفکیک کرد زیرا این دو متغیر از هم مستقل فرض می‌شوند و سهم واریانس U به واریانس کل (γ) به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}, \sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2 \quad (۵)$$

$$\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma_u^2 + \sigma_v^2}$$

بنابراین نا کارایی تولید را به صورت فرض $H_0: \gamma = 0$ می‌توان مورد آزمون قرار داد. اگر این فرض پذیرفته شود پس با توجه به عبارت $\gamma = \frac{\sigma_U^2}{\sigma^2}$، واریانس U صفر است (در واقع تفاوتی با صفر ندارد) و نمی‌توان ناکارایی را علتی برای انحراف تولید از سطح بالقوه مرزی دانست.

قبل از برآورد و محاسبه باید فرم تابع مرزی تصادفی مشخص شود. فرم اصلی توابع مورد استفاده در مطالعات اخیر در زمینه برآورد کارایی توابع تولید کاب _داگلاس و ترنسلوگ می‌باشد. فرم تابع ترنسلوگ به شکل زیر است:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L_{it}) + \beta_2 \ln(K_{it}) + \beta_3 \ln(E_{it}) + \beta_4 \ln(L_{it}) \ln(K_{it}) + \quad (۶)$$
$$\beta_5 \ln(L_{it}) \ln(E_{it}) + \beta_6 \ln(E_{it}) \ln(K_{it})$$

تفاوت اصلی این تابع با تابع کاب داگلاس در وجود متغیرهای حاصل ضرب است. می‌توان گفت تابع ترانسلوگ حالت عام تر تابع کاب داگلاس است و اگر در تابع

ترنسلوگ ضریب *حاصلضرب‌های متغیرها یعنی* $\beta_4, \beta_5, \beta_6$ *به طور هم زمان صفر باشند*، تابع کاب داگلاس به‌دست می‌آید. پس برای شناخت فرم تابعی مناسب، فرضیه زیر آزمون می‌شود:

$H_0: \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = 0$

غیراز H_0 (یا هر سه ضریب به صورت همزمان صفر نیستند): H_1

در صورتی که فرضیه H_0 پذیرفته شود شکل تابع،کاب داگلاس است. در صورتی که این فرضیه (H0) به نفع فرضیه رقیب (H1) رد شود فرم تابعی مناسب ترنسلوگ خواهد بود. به‌منظور آزمودن فرضیه از آماره نسبت درستنمایی تعمیم یافته استفاده می‌شود، آماره این آزمون، λ از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$\lambda = -2[\log L(H_0) - \log L(H_1)$$

$$\lambda = -2\left[\log \frac{L(H_0)}{L(H_1)}\right] \qquad (۷)$$

مقادیر $L(H_1)$ و $L(H_0)$ مقادیر تابع درست نمایی تحت فرض H_1 و H_0 را نشان می‌دهند.

$$\lambda = -2[10.8 - 11.9] = 2.2$$

ثابت می‌شود که این آماره دارای توزیع χ^2 با K-1 درجه آزادی (K تعداد قیدها) است. مقدار بحرانی حاصل از جدول توزیع χ^2 در سطح معنی‌داری ۵ درصد، برابر ۵/۹۹۱ می‌باشد که از مقدار آماره محاسبه بیش‌تر است. پس نتیجه می‌گیریم که فرم تبعی کاب داگلاس برای مدل مرزی تصادفی مناسب است:

$$\ln(Y_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(L_{it}) + \beta_2 \ln(K_{it}) + \beta_3 \ln(E_{it}) + V_{it} - U_{it} \qquad (۸)$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها

همانگونه که در پیش‌تر نیز بیان شد، هدف این مقاله اندازه‌گیری کارایی انرژی استان‌های ایران به روش حداکثر درست نمایی و تحلیل مرزی تصادفی است که کارایی فنی را نیز ارائه می‌کند. اطلاعات مورد نیاز ۳۰ استان کشور برای سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵ از سالنامه آماری هر استان و ترازنامه انرژی جمع‌آوری شده و در محاسبه کارایی از متغیرهای کار (تعداد شاغلین هر استان) و سرمایه و ارزش ریالی واقعی انرژی مصرفی بخش‌های تولیدی هر استان به عنوان داده استفاده شده است. انرژی مصرفی بخش‌های

تولیدی براساس ارزش واقعی آن‌ها مد نظر قرار گرفت زیـرا از یـک طـرف، انـرژی مـورد استفاده هر بخش از دیگر بخش‌ها متفاوت بوده و یا ترکیب حامـل‌هـای انـرژی متفـاوت است و برای یکسان نمودن و همگن سازی مصرف انرژی‌های گوناگون هر بخش، به یـک شاخص نیاز است و ارزش واقعی یکی از این راه‌های متفاوت در اقتصاد مـی‌باشـد.برای این منظور سال ۱۳۸۳ به عنوان سال پایه انتخاب شده است.

پس از تعیین فرم تبعی، کارایی در قالب تابع تولید مرزی تصادفی به شـکل کـاب – داگلاس اندازه‌گیری می‌شود. برآوردهای حداکثر درست نمـایی پارامترهـای تـابع تولیـد مـرزی تصـادفی در الگـوی باتسـه و کـوئلی (۱۹۹۲) در جـدول (۲) بـا اسـتفاده از نـرم افزار Front 4.1، می‌باشد.

جدول ۲- برآورد متغیرها با هدف بررسی اثر روند بر جز عدم کارایی از سال ۱۳۹۰-۱۳۸۵

متغیرها	پارامترها	برآوردها (ضرایب)	انحراف معیار	آماره t
مقدار ثابت	β_0	۱/۰۳	۰/۶۹	۱/۴۹
نیروی کار	β_1	۰/۲۴	۰/۱۰۸	۲/۳۱
سرمایه	β_2	۰/۵۶	۰/۰۹	۶/۲۲
انرژی مصرفی	β_3	۰/۰۶۴	۰/۰۳۷	۱/۷۱
پارامترهای	σ^2	۰/۰۴۸	۰/۰۱۲	۳/۹۹
واریانس	γ	۰/۰۲۳	۰/۰۶۴	۰/۳۷
	μ	۰/۰۶۸	۰/۰۴۲	۱/۶۱
	η	۰/۲۶	۰/۱۰۵	۲/۴۶
تابع حداکثر درست نمایی		۱۰/۸		

منبع: یافته های تحقیق

پارامتر γ در مدل نشان دهنـده ناکـارایی فنـی اسـت و بـه صـورت $\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma^2}$ تعریـف می‌شود که همواره بین صفر و یک است. هرچه γ به صفر نزدیـک تـر باشـد جـز اخـلال تصادفی سهم بیش‌تری را در کل انحرافات از مرز بر عهده خواهد داشـت و بـرعکس هـر چه مقدار γ به یک نزدیک‌تر باشد بیانگرآن است که ناکارایی فنـی، سـهم بـزرگ‌تـری از کل انحراف از مرز را به خود اختصاص داده است. گرچه مقدار γ برابـر ۰/۰۲۳ بـه‌دسـت

آمده اما با توجه به آماره t بی‌معنی می‌باشد، یعنی تفاوت معنی‌داری با صفر ندارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ناکارایی فنی در انحراف تولید فعلی از تولید بالقوه سهمی نداشته است. براساس برآورد فوق مشاهده می‌شود که کشش نیروی کار، سرمایه، انرژی مصرفی به ترتیب، ۰/۲۴۹، ۰/۵۷۶ و ۰/۰۶۴ می‌باشد، یعنی با افزایش نیروی کار، سرمایه و انرژی مورد استفاده به میزان یک درصد، تولید به‌ترتیب، ۰/۲۴۹، ۰/۵۷۶ و ۰/۰۶۴ درصد افزایش می‌یابد.

حال این سوال مطرح است که آیا جزء ناکارایی در طول زمان دچار تغییر می‌شود؟ برای بررسی اینکه آیا جز ناکارایی در طول زمان روند افزایشی دارد یا خیر از مدل ارائه شده توسط باتسه و کوئلی استفاده می‌شود، که در این مدل، U به شکل $U_{it} = U_i EXP[-\eta(t-T)], t = 1,2,\dots T$ تعریف شده و در آن η نرخ تغییر در کارایی فنی را اندازه‌گیری می‌کند. پس از برآورد تابع، می‌توان به وسیله پارامتر η فرضیه عدم تأثیرگذاری زمان بر اثرات ناکارایی و نیز وجود تغییرات فنی در تابع تولید را در قالب فرض زیر آزمود:

$$H_0 : \eta = 0$$

با توجه به برآورد مقدار پارامتر η و بزرگ‌تر بودن مقدار آماره از مقدار بحرانی آن (۰/۱۶۲) فرض صفر مبنی بر بی‌معنی بودن این پارامتر رد می‌شود، در نتیجه ناکارایی فنی در تولید در طول زمان متغیر است. با استفاده از تابع تولید مرزی تصادفی استانی، کارایی کل و کارایی انرژی استان‌ها برای سال‌های ۱۳۹۰- ۱۳۸۵ محاسبه و در جدول (۳) گزارش شده است. براساس اطلاعات ارائه شده در این جدول، کارایی انرژی اکثر استان‌ها در طول زمان کاهش یافته است که این امر تأییدی بر وجود روند افزایشی ناکارایی در طول زمان است. بنابراین به نظر می‌رسد که استان‌های ایران نه تنها برای بهبود کارایی انرژی خود تلاشی نکرده‌اند، بلکه نحوه عملکرد آن‌ها به کاهش کارایی انرژی آنها نیز انجامیده است. شاید هم بتوان گفت تلاش استان‌ها برای افزایش کارایی ناچیز بوده است. میانگین کارایی انرژی کل کشور نیز در سال‌های مورد مطالعه کاهش یافته که وجود روند افزایشی ناکارایی در طول زمان در کل کشور را نشان می‌دهد. در این بازه، بیش‌ترین کارایی انرژی طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۵ به استان خراسان شمالی مربوط می‌شود و کارایی انرژی استان‌های اصفهان، تهران و خوزستان، در طی این دوره پایین بوده است.

جدول ۳- برآورد کارایی انرژی در استان‌های ایران با هدف بررسی اثر روند بر ناکارایی طی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵

سال / استان	۱۳۸۵	۱۳۸۶	۱۳۸۷	۱۳۸۸	۱۳۸۹	۱۳۹۰
آذربایجان شرقی	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱
آذربایجان غربی	۰/۰۵	۰/۰۳۶	۰/۰۲۵	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵
اردبیل	۰/۰۶۵	۰/۰۴۸	۰/۰۳۵	۰/۰۲۴	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰
اصفهان	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶
ایلام	۰/۰۶۴	۰/۰۴۸	۰/۰۳۵	۰/۰۲۴	۰/۰۱۷	۰/۰۱۱
بوشهر	۰/۰۴۶	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶
تهران	-۰/۰۱۱	-۰/۰۱۰	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۷	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۵
چهارمحال و بختیاری	۰/۰۶	۰/۰۴۵	۰/۰۳۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹
خراسان جنوبی	۰/۰۸۴	۰/۰۶۴	۰/۰۴۸	۰/۰۳۵	۰/۰۲۵	۰/۰۱۷
خراسان رضوی	۰/۰۴۷	۰/۰۳۴	۰/۰۲۳	۰/۰۱۶	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶
خراسان شمالی	۰/۰۹۱	۰/۰۷۰	۰/۰۵۲	۰/۰۳۸	۰/۰۲۷	۰/۰۱۹
خوزستان	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۴	-۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳
زنجان	۰/۰۷۱	۰/۰۵۴	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲
سمنان	۰/۰۶	۰/۰۴۴	۰/۰۳۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹
سیستان و بلوچستان	۰/۰۴۵	۰/۰۳۲	۰/۰۲۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸	۰/۰۰۴
فارس	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰	-۰/۰۰۲	-۰/۰۰۳
قزوین	۰/۰۴۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۰	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴
قم	۰/۰۶	۰/۰۴۴	۰/۰۳۲	۰/۰۲۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۹
کردستان	۰/۰۵۸	۰/۰۴۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۴	۰/۰۰۸
کرمان	۰/۰۱۵	۰/۰۰۹	۰/۰۰۴	۰/۰۰۱	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۲
کرمانشاه	۰/۰۵۹	۰/۰۴۳	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۸
کهگیلویه و بویراحمد	۰/۰۷۶	۰/۰۵۸	۰/۰۴۲	۰/۰۳۱	۰/۰۲۲	۰/۰۱۵
گلستان	۰/۰۵۱	۰/۰۳۷	۰/۰۲۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷
گیلان	۰/۰۵۲	۰/۰۳۸	۰/۰۲۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۱	۰/۰۰۶
لرستان	۰/۰۵۳	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷
مازندران	۰/۰۳۱	۰/۰۲۱	۰/۰۱۳	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
مرکزی	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴
هرمزگان	۰/۰۲۶	۰/۰۱۸	۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
همدان	۰/۰۵۴	۰/۰۳۹	۰/۰۲۷	۰/۰۱۸	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷
یزد	۰/۰۴	۰/۰۲۸	۰/۰۱۹	۰/۰۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۴
میانگین	۰/۰۴۵	۰/۰۳۳	۰/۰۲۳	۰/۰۱۵	۰/۰۱۰	۰/۰۰۶

منبع: یافته های تحقیق

در قسمت قبل فرضیه اثر زمان بر ناکارایی، بررسی و به سبب کوچک بودن تغییرات ناکارایی فنی (U_i) نسبت به زمان، بی‌تأثیری آن تأیید شد، بنابر این می‌توان کارایی را بدون در نظر گرفتن این فرض آزمود. لذا می‌توان برای هر استان ناکارایی فنی نسبت به زمان را ثابت فرض کرد به عبارتی می‌توان قید $\eta = 0$ را به مدل اضافه نمود که در نتیجه به مدل بدون زمان یعنی مقطعی تبدیل می‌شود. علاوه بر این اضافه نمودن محدودیت $\mu = 0$ توزیع u را از نیمه نرمال تعیم یافته به نیمه نرمال تبدیل خواهد کرد نتایج برآورد تابع مرزی تصادفی با اعمال قید $\eta = 0$ در جدول (۴) گزارش شده است.

جدول ۴- برآورد متغیرها با فرض ثابت بودن جزء ناکارایی فنی در طول زمان(۱۳۹۰-۱۳۸۵)

متغیرها	پارامترها	برآوردها (ضرایب)	انحراف معیار	آماره t
مقدار ثابت	β_0	۰/۸۱	۰/۳۵	۲/۳
نیروی کار	β_1	۰/۲۵	۰/۰۵	۴/۲
سرمایه	β_2	۰/۵۳	۰/۰۵	۱۰/۳
انرژی مصرفی	β_3	۰/۱	۰/۰۲۷	۳/۹
پارامترهای	σ^2	۰/۰۶	۰/۰۱۲	۵/۵
واریانس	γ	۰/۲۳	۰/۱۵	۱/۵
تابع حداکثر درست نمایی		۵/۳		

منبع: یافته های تحقیق

با توجه به جدول (۴) آماره آزمون t مربوط به پارامتر γ از نظر آماری بی‌معنی است. از آنجایی که γ بیان کننده ناکارایی فنی می‌باشد، بنابراین بی‌معنی بودن آن نشان می‌دهد که ناکارایی فنی سهمی در انحراف تولید فعلی از تولید بالقوه نداشته است. لذا این نتیجه همچنان صادق است و پذیرفتن فرض تأثیرگذاری زمان و یا نقض آن بر این نتیجه تأثیر نمی‌گذارد. در جدول (۵)، کارایی انرژی وکارایی کل عوامل تولید در این دوره برای هر استان گزارش شده است. بر اساس اطلاعات موجود در جدول (۵) می‌توان به مقایسه کارایی انرژی بین استان‌هایی که تقریبا در یک منطقهٔ آب و هوایی قرار دارند پرداخت. به دلیل آنکه مرز استان‌های کشور کاملاً مطابق با تقسیم‌بندی آب و هوایی نیست، بنابراین در هر استان بیش از یک نوع اقلیم قابل مشاهده بوده و در نتیجه اقلیم غالب در هر استان بر اساس بیش‌ترین مساحت دارای آب و هوای خاص تعریف

شده است. بدین ترتیب C نشان دهنده استان‌های سردسیر، K معرف استان‌های کوهستانی، N معرف استان‌های نیمه خشک، H نشان دهنده استان‌های خشک و M نشان دهنده استان‌های مرطوب می‌باشد. به طور کلی از جدول (۵) این نتیجه حاصل می‌شود که اگر چه در این بازه زمانی به‌طور متوسط استان خراسان شمالی بیش‌ترین کارایی انرژی را دارد اما استان خوزستان از بیش‌ترین کارایی برخوردار بوده است.

جدول ۵- برآورد کارایی و کارایی انرژی با فرض ثابت بودن جزء ناکارایی فنی در طول زمان

استان	نوع اقلیم	کارایی انرژی	کارایی کل	استان	نوع اقلیم	کارایی انرژی	کارایی
آذربایجان شرقی	C	۰/۰۱۱	۰/۹۳	فارس	K	۰/۰۰۷	۰/۹۳
آذربایجان غربی	C	۰/۰۲۳	۰/۸۳	قزوین	C	۰/۰۲۸	۰/۸۵
اردبیل	C	۰/۰۳۵	۰/۸۶	قم	H	۰/۰۲۹	۰/۸۶
اصفهان	N	۰/۰۰۱	۰/۹۵	کردستان	K	۰/۰۳۱	۰/۸۷
ایلام	K	۰/۰۲۳	۰/۹۲	کرمان	H	۰/۰۰۴	۰/۹۳
بوشهر	N	۰/۰۰۳	۰/۹۵	کرمانشاه	K	۰/۰۱۲	۰/۸۸
تهران	K	۰/۰۰۱	۰/۹۶	کهگیلویه و بویراحمد	K	۰/۰۱۳	۰/۹۴
چهارمحال و بختیاری	K	۰/۰۴۱	۰/۸۳	گلستان	M	۰/۰۲۶	۰/۹۰
خراسان جنوبی	H	۰/۰۳۹	۰/۹۲	گیلان	M	۰/۰۲۷	۰/۸۴
خراسان رضوی	K	۰/۰۳۴	۰/۹۱	لرستان	K	۰/۰۳۰	۰/۸۹
خراسان شمالی	C	۰/۰۵۲	۰/۹۱	مازندران	M	۰/۰۱۰	۰/۸۸
خوزستان	N	۰/۰۰۲	۰/۹۷	مرکزی	K	۰/۰۰۹	۰/۹۲
زنجان	C	۰/۰۴۶	۰/۸۳	هرمزگان	N	۰/۰۰۳	۰/۹۵
سمنان	H	۰/۰۱۴	۰/۹۶	همدان	K	۰/۰۲۵	۰/۸۹
سیستان و بلوچستان	H	۰/۰۰۷	۰/۸۹	یزد	H	۰/۰۰۷	۰/۹۳
میانگین کارایی انرژی کل کشور			۰/۰۲	میانگین کارایی فنی کل کشور			۹/۰

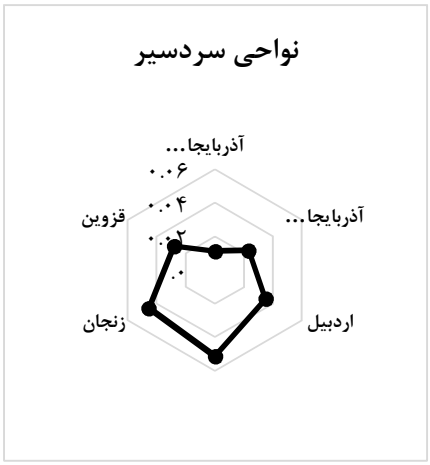
منبع: یافته های تحقیق

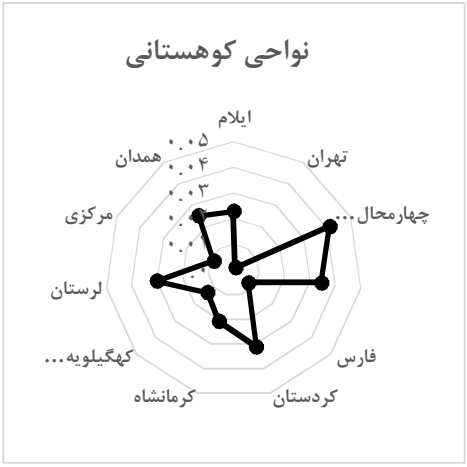
۶- مقایسه کارایی انرژی بین استان‌های دارای اقلیم یکسان

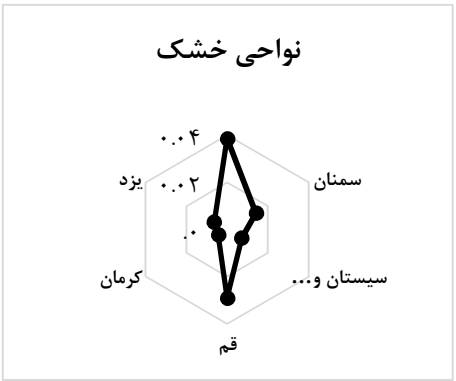
در قسمت‌های قبل این نکته عنوان شد که شرایط اقلیمی می‌تواند کارایی انرژی را تحت تأثیر قرار دهد و هر منطقه باید با توجه به شرایط اقلیمی موجود، تمهیدات لازم را

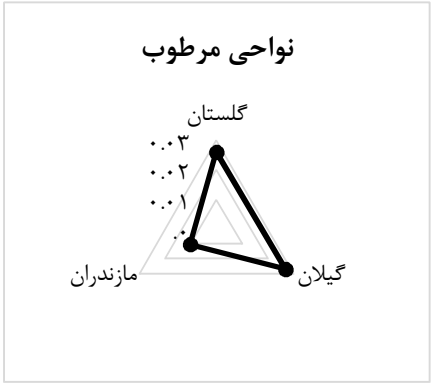
برای افزایش کارایی انرژی بسنجند. از طرفی استان‌های ایران از نظر شرایط اقلیمی یکسان نیستند. براساس آنچه که گفته شد اقلیم ایران به پنج ناحیه آب و هوایی خشک، نیمه خشک، کوهستانی، سردسیر و معتدل تقسیم شده و سپس استان‌ها متناسب با نوع اقلیم‌شان درهر یک از این پنج ناحیه جای گرفتند، پس از آن کارایی انرژی استان‌هایی که در یک ناحیه آب و هوایی هستند با یکدیگر مقایسه می‌شوند.

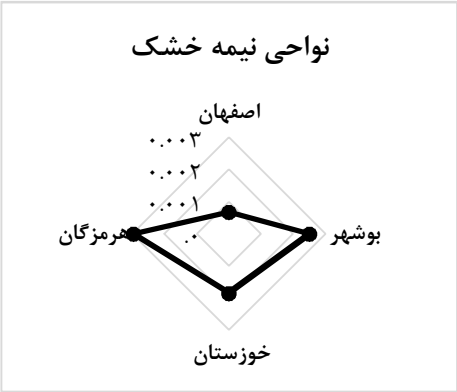
در نمودارهای زیر در هر ناحیه آب و هوایی استان‌های با بیش‌ترین کارایی مشخص شده‌اند: در نواحی سردسیر استان خراسان شمالی، در نواحی کوهستانی استان چهار محال و بختیاری، در نواحی نیمه خشک استان هرمزگان، در نواحی خشک استان خراسان جنوبی و در نواحی مرطوب استان گیلان بیش‌ترین کارایی را داشته‌اند.











منبع: یافته های تحقیق

نمودار ۱- مقایسه کارایی انرژی بین استان‌هایی با اقلیم‌های همگن

۷- مقایسه کارایی انرژی استان‌ها در حالت لحاظ و عدم لحاظ مصرف انرژی خانگی

در بخش‌های قبل، کارایی انرژی بخش‌های تولیدی استان‌ها محاسبه و استان‌ها بر این اساس با یکدیگر مقایسه شدند. اما در هر استان علاوه بر مصرف انرژی توسط بخش‌های تولیدی، بخش خانگی نیز مصرف کننده انرژی است که در مقابل این مصرف هیچ تولیدی صورت نمی‌گیرد. به عبارتی مصرف بخش خانگی مصرف نهایی انرژی محسوب می‌شود. در این قسمت مصرف انرژی بخش خانگی نیز به مصرف انرژی بخش‌های تولیدی اضافه شده و تابع تولید مرزی تصادفی با مصرف انرژی کل استان برآورد گردیده است. در جدول (۶) نتایج حاصل از برآورد تابع مرزی تصادفی در دو حالت لحاظ مصرف خانگی و عدم لحاظ آن گزارش شده است. همانطور که مشاهده می‌شود که تفاوت قابل تأملی بین این دو حالت وجود ندارد. به عبارت دیگر اگر چه کارایی انرژی در برخی استان‌ها افزایش و در بعضی دیگر کاهش یافته اما این تغییر در اکثر استان‌ها بسیار کوچک بوده، به‌طوری‌که نسبت این دو کارایی بسیار نزدیک به یک است.

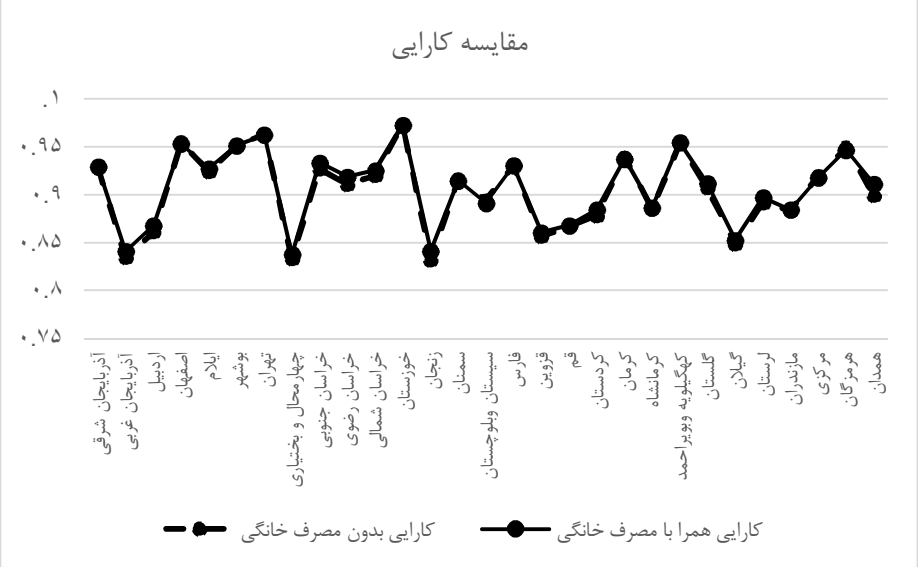
جدول ۶- برآورد و نسبت کارایی با لحاظ کردن و عدم لحاظ مصرف بخش خانگی

استان	بدون لحاظ مصرف خانگی	با لحاظ مصرف خانگی	نسبت کارایی در هر دو حالت
آذربایجان شرقی	۰/۹۲۹۶	۰/۹۲۹۷	۰/۹۹۹
آذربایجان غربی	۰/۸۳۴۷	۰/۸۴۱۲۳	۰/۹۹۲۲
اردبیل	۰/۸۶۱۲	۰/۸۶۸۵	۰/۹۹۱۶
اصفهان	۰/۹۵۴۹	۰/۹۵۳۷	۱/۰۰۱۲
ایلام	۰/۹۲۴۵	۰/۹۲۷۹	۰/۹۹۶۳
بوشهر	۰/۹۵۲۱	۰/۹۵۱۹	۱/۰۰۰۱
تهران	۰/۹۶۳۴	۰/۹۶۲۹	۱/۰۰۰۵
چهارمحال و بختیاری	۰/۸۳۳۱	۰/۸۳۷۹	۰/۹۹۴۲
خراسان جنوبی	۰/۹۲۷۳	۰/۹۳۳۷	۰/۹۹۳۱
خراسان رضوی	۰/۹۱۱۱	۰/۹۲۹۲	۰/۹۹۱۱
خراسان شمالی	۰/۹۱۲	۰/۹۲۵	۰/۹۸۵۰
خوزستان	۰/۹۷۳۲	۰/۹۷۳۳	۰/۹۹۹۸
زنجان	۰/۸۳۲۱	۰/۸۴۱۶	۰/۹۸۸۷
سمنان	۰/۹۱۶۰	۰/۹۱۵۲	۱/۰۰۰۹
سیستان وبلوچستان	۰/۸۹۴۵	۰/۸۹۱۷	۱/۰۰۳
فارس	۰/۹۳۱۰	۰/۹۳۰۹	۱/۰۰۱
قزوین	۰/۸۵۷۰	۰/۸۶۱۰۰	۰/۹۹۵۴
قم	۰/۸۶۷۵	۰/۸۶۸۵	۰/۹۹۸۸
کردستان	۰/۸۷۸۵	۰/۸۸۴۵	۰/۹۹۳۱
کرمان	۰/۹۳۹۱	۰/۹۳۸۰	۱/۰۰۱۲
کرمانشاه	۰/۸۸۵۳	۰/۸۸۲۷	۰/۹۹۸۷
کهگیلویه وبویراحمد	۰/۹۵۳۸	۰/۹۵۵۴	۰/۹۹۸۲
گلستان	۰/۹۰۷۶	۰/۹۱۲	۰/۹۹۴۷
گیلان	۰/۸۴۸۶	۰/۸۵۲۸	۰/۹۹۵۰
لرستان	۰/۸۹۱۶	۰/۸۹۷۴	۰/۹۹۳۵
مازندران	۰/۸۸۳۷	۰/۸۸۴۶	۰/۹۹۹۰
مرکزی	۰/۹۱۹۸	۰/۹۱۸۴	۱/۰۰۱۴
هرمزگان	۰/۹۵	۰/۹۴۷۴	۱/۰۰۲۷
همدان	۰/۸۹۹۸	۰/۹۱۱	۰/۹۸۶۶
یزد	۰/۹۳۴۷	۰/۹۴۴۷	۰/۹۸۹۵

منبع: یافته‌های تحقیق

در نمودار (۲) کارایی حاصل از برآورد تابع مرزی تصادفی در دو حالت لحاظ مصرف انرژی بخش خانگی و عدم لحاظ آن رسم شده و همانطور که مشاهده می‌شود افزایش مصرف انرژی بخش خانگی تغییری در روند کارایی انرژی استان ایجاد نمی‌کند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کارایی بخش خانگی به اندازه‌ای نیست که تغییر قابل ملاحظه‌ای در کارایی بخش تولیدی ایجاد نماید. بنابراین منظور از کارایی استان در این مقاله کارایی بخش‌های تولیدی می‌باشد.

نمودار ۲- مقایسه کارایی در دو حالت لحاظ مصرف بخش خانگی و عدم لحاظ آن



منبع: یافته های تحقیق

۸- خلاصه و نتیجه‌گیری و پیشنهادات

در این مقاله از داده‌های استانی سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۵برای برآورد تابع تولید به روش مرزی تصادفی استفاده شد. هرچند توابع تولید مختلفی مطرح است، اما در مطالعات تجربی اخیر با وجود توجه خاص به تابع تولید کاب داگلاس، تابع ترنسلوگ به سبب ویژگی‌های انعطاف‌پذیری (به نسبت پیش فرض‌ها) مقبولیت بیش‌تری یافته است. در مطالعه حاضر هیچ گونه پیش فرضی در مورد شکل تابع تولید پذیرفته نشد و

با استفاده از آزمون‌های آماری از جمله آزمون نسبت درست نمایی تعمیم یافته فرم تابعی مناسب انتخاب گردید. یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که:

الف) تابع تولید کاب داگلاس بهتر می‌تواند فرآیند تولید استان را توضیح دهد.

ب) متوسط کارایی فنی و کارایی انرژی در ۳۰ استان به ترتیب ۹۰ درصد و ۲ درصد برآورد گردید. این ارقام نشان می‌دهد که اگر چه متوسط کارایی کل در کشور بالا است اما کارایی انرژی در کل کشور بسیار پایین می‌باشد. بنابراین برنامه‌ریزان و مجریان (در سطح کلان و در سطح استان‌ها) می‌توانند با اجرای برنامه‌ها و تمهیدات لازم در زمینه انرژی، کارایی را افزایش دهند.

پ) سهم ناکارایی فنی از کل ناکارایی زیاد نیست اما این جزء در طول زمان تمایل به افزایش دارد، آشکار است که روند افزایشی آن نگران کننده است.

ت) مقایسه کارایی انرژی در بین استان‌هایی با اقلیم مشابه، مبین آن است که بیش‌ترین کارایی انرژی را در نواحی سردسیر، استان خراسان شمالی، در نواحی کوهستانی استان چهارمحال بختیاری، در نواحی نیمه خشک استان هرمزگان، در نواحی خشک استان خراسان جنوبی و در نواحی مرطوب استان گیلان به خود اختصاص داده‌اند.

بنابراین با توجه به نتایج تحقیق پیشنهاد می‌شود که:

۱- با توجه به تأثیر اقلیم بر کارایی لازم است دولت شرایط آب و هوایی هر استان را در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های اقتصادی لحاظ و بین فعالیت‌های اقتصادی و شرایط آب و هوایی هماهنگی ایجاد نماید.

۲- تشویق بنگاه‌ها به آموزش‌های حین کار کارکنان برای کسب و افزایش مهارت آن‌ها و همچنین ارتقاء سطح کیفی دانش آموختگان به ویژه در رشته‌های فنی در دوره‌های هنرستان، کاردانی و کارشناسی، کارایی در بخش صنعت و خدمات را افزایش دهد.

به علاوه دولت می‌تواند با سیاست‌های حمایتی و تشویقی خود بنگاه‌ها را برای دستیابی به تکنولوژی‌های برتر و کم انرژی‌بَر در صنایع متمایل سازد. همچنین دولت می‌تواند با استفاده از سیاست‌های تشویقی با دادن انگیزه‌های مختلف بودجه‌ای و مانند

آن، استان‌ها را به ارتقاء بیش‌تر کارایی انرژی(با توجه به شرایط اقلیمی آن‌ها) تشویق و هدایت نماید.

فهرست منابع

ابریشمی؛ حمید و لیلی نیاکان (۱۳۸۹)، اندازه‌گیری کارایی فنی نیروگاه‌های حرارتی کشور به روش تحلیل مرزی تصادفی (SFA) و مقایسه تطبیقی با کشورهای منتخب در حال توسعه، فصلنامه مطالعات اقتصاد انرژی، شمارهٔ ۲۶.

ابطحی، حسین و بابک کاظمی (۱۳۷۹)، بهره‌وری، مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی، چاپ دوم.

امامی میبدی؛ علی (۱۳۸۹)، اصول اندازه‌گیری کارایی و بهره‌وری، تهران، مؤسسه مطالعات و پژوهش‌های بازرگانی.

پیکارجو؛ کاظم (۱۳۷۷)، بررسی اثرات راهکارهای بهره‌وری انرژی و تئوری توسعه پایدار در بهره برداری از منابع انرژی کشور مجله سیاسی – اقتصادی، شمارهٔ ۱۶۵-۱۶۶.

ترازنامه انرژی وزارت نیرو، ۱۳۹۰-۱۳۸۵.

حیدری؛ ابراهیم و حسین صادقی (۱۳۸۲)، تجزیه و تحلیل کارایی انرژی در اقتصاد ایران مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان شمارهٔ ۲.

رضایی؛ مهدی ، حسن ولدبیگی و پریسا یعقوبی منظری، (۱۳۹۳)، بررسی کارایی فنی صنایع ایران و جایگاه صنایع با فناوری بالا در آن، فصلنامه مدل‌سازی اقتصادی، دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲۸، صفحه ۱۰۳-۱۱۶.

سالنامه آماری استان‌ها مرکز آمار ایران،۱۳۹۰-۱۳۸۵.

شهیکی تاش؛ محمدنبی، جواد طاهرپور و الهام شیوایی (۱۳۹۳)، ارزیابی عوامل مؤثر بر ناکارایی فنی صنایع کارخانه‌ای ایران (رهیافت تابع مرزی تصادفی و روش حداکثر درست نمایی)، پژوهشنامه اقتصادی سال چهاردهم، شمارهٔ ۱ (پیاپی ۵۲).

شریف‌زاده؛ محمدرضا و مهدی بصیرت (۱۳۹۲)، تخمین کارایی فنی صنعت لوله‌های گاز و نفت ایران بر اساس برآورد تابع مرزی تصادفی، فصلنامه سیاست‌های اقتصادی، شمارهٔ ۹۹.

شفیع زاده؛ محمد علی و علیرضا کرباسی (۱۳۸۴)، بررسی سیاست‌های بهره‌وری انرژی و شاخص‌های آن در کشورهای در حال توسعه سازمان بهره‌وری انرژی ایران، نشریه انرژی ایران، شمارهٔ ۳۳.

عباسی‌نژاد؛ حسین و داریوش وافی (۱۳۸۳)، بررسی کارایی و بهره‌وری انرژی در بخش‌های مختلف اقتصادی و تخمین کشش نهاده‌ای و قیمتی انرژی در بخش صنعت و حمل و نقل با روش TSLS(۱۳۷۹-۱۳۵۰)، مجله تحقیقات اقتصادی، شمارهٔ ۶۶.

مسعودیان؛ سید ابوالفضل، (۱۳۹۰) آب و هوای ایران، انجمن ایرانی اقلیم شناسی.

Aigner, D. J. and SF Chu (1968), On estimating the industry production function, American Economic Review, vol, 58,pp. 826-832

Aigner, D. J. CA. Knox Lovell, and Peter Schmidt (1997), Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Model, Journal of Economics, 6, pp 21,-37

Boyd, G.A., Pang, J.X.,. (2000), Estimating the linkage between energy efficiency and productivity. Energy Policy 28, 289–296.

Battese G. E and T. J. Coeli (1992), Frontier production function, technical efficiency and panel data: With Application to Paddy Farmers in India, Department of Econometrics, University of New England, Armidale, NSW 2351, Australia

Coelli, T, J (1996), A guide to DEAP version 2.1: A Data Envelopment Analysis (computer) program", working paper 96/08 Armidale. NSW, Department of Economics, University of England, Australia.

Erye, N. (1998), A golden age or a false dawn? energy efficiency in U.K. Competitive Energy Markets, energy policy, 26 (12), 963-972.

Färe, R., S. Grosskopf, M. Norris and Z. Zhang (1994), Productivity Growth, Technical Progress and Efficiency Change in Industrial Countries, American Economic Review, 84(1), pp 66-83

Färe, R., Primont, D., (1995), Multi-Output Production and Duality: Theory and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston.

Färe, R., Grosskopf, S., (2004), modeling undesirable factors in efficiency evaluation: comment. European Journal of Operational Research 157, 242–245.

Farrell, M, J; (1957), The measurement of productive efficiency, Journal of Royal Statistical Society series A, CXX, Part 3.pp, 253-290

Filippini Massimo, Luis Orea, (2014), Applications of the stochastic frontier approach in Energy Economics, Economics and Business Letters.3(1) pp. 35-42,

Gaves. D.W., L. R. Christensen and W. E. Diwert, (1982), The Economic Theory of Index Numbers and Measurement of Input, Output and Productivity, Economica, Vol.50, No.6 , 1393-1414

Ghosh Ranjan and Vinish Kathuria, (2016), The effect of regulatory governance on efficiency of thermal power generation in India: A stochastic frontier analysis, Energy Policy, Vol. 89, PP 11–24

Green, W; (1997), Frontier production function In handbook of applied economics (Vol. II: Macroeconomics), Hashem Pesaran, M, and P. Schmidt, Blackwell pub. Ltd., U.S.A, PP.81-166

Hu JL and CH Kao (2007), Efficient Energy-Saving Targets for APEC Economies,. Energy Policy, 35(1): 373-382.

Jan, W. S. (2008), Explaining the Declining Energy Intensity of the U.S. Economy, Resources and Energy Economics, 30(1), 21-49

Jondrow. J., K. Lovell, I. Materov and P. Schmidt (1982), On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model, Journal of Econometrics, 19 (2/3), 233-38

Lee L. F. and M. M. Pitt, (1981), The Measurement and Sources of Technical inefficiency in the Indonesian Weaving Industry, Journal of Development economics vol.9.PP.43-64

Lin Boqiang and Houyin Long, (2015), A stochastic frontier analysis of energy efficiency of China's chemical industry, Journal of Cleaner Production Vol.87. PP.235–244

Mckee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., (1993), Drought monitoring with multiple timescales. Preprints, Eighth Conf. on Applied Climatology, Anaheim, CA,

Miao, Renyu and Yifeng Jin (2014), The measurement and analysis of regional energy efficiency in China, Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 2014, 6(3):729-734

Morrison,c, and W.E. Diewert (1990), New Techniques in the Measurement of Multifactor productivity, Journal of productivity Analysis, 1:4, 267-280

Ramanathan, R., (2000), A holistic approach to compare energy efficiencies of different transport modes, Energy Policy, PP 28, 743–747.

Schleich, J., (2004), Do Energy Audits Help Reduce Barriers to Energy Efficiency, International Journal of Energy Technology and Policy 2(3), 226-239.

Timmer, C. Peter (1971), Using a Probabilistic Frontier Production Function to Measure Technical Efficiency, Journal of political Economy, Vol. 79 ,pp 776-794

.Zou G., L. Chen, W. Liu, X. Hong, G. Zhang, Z. Zhang (2013), Measurement and Evaluation of Chinese Regional Energy Efficiency Based on Provincial Panel Data, Mathematical and Computer Modeling, PP, 1000–1009

As Assessment of Energy Efficiency in Iran's Provinces through Use of the Stochastic Frontier Production Function Method

Mohammad Ali Kafaie
Associate Professor Shahid Beheshti University
Received: 2015/05/17 Accepted: 2016/07/26

Abstract

Energy is one of the most important scarce factors of production. It is thus necessary for us to pay attention to energy efficiency in order to achieve higher growth rates. This research aims to investigate energy consumption efficiency of Iran's provinces taking into account their climatic differences. We estimate a Cobb-Douglas stochastic frontier production function (based on theoretical and empirical grounds) using provincial data of 1385-1390 (2006-2011) to compare energy efficiencies of provinces with similar climates. Our model also tests for the impact of energy inefficiency on provincial GDP. Such impact appears to be minimal while showing that inefficiency increases over time. The comparison of energy efficiencies between provinces with similar climates show that: a) in the cold climate area, Northern Khorasan province; b) in the mountainous climate area, Chaharmahal Bakhtiari province; c) in the semi-hot climate area, Hormozgan province; d) in the hot climate area, southern Khorasan province; and e) in the wet climate Gilan province, are the more energy efficient provinces. Also we find that average technical efficiency and average energy efficiency of 30 provinces during our time period are 90% and 2% respectfully. This reflects that while the total technical efficiency of the country is high its energy efficiency is low.

JEL Classification: Q43, Q41, R15, C23

Keyword: energy efficiency, technical efficiency, stochastic frontier production function, provincial analysis.